



PEITTAUSNOSTIMEN OH- JAUSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA KÄYT- TÖÖNOTTO

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Markus Juhani Miinalainen			
Työn nimi Peittausnostimen ohjausjärjestelmän suunnittelu ja käyttöönotto			
Päiväys	10.5.2016	Sivumäärä/Liitteet	29/46
Ohjaaja Lehtori Jari Ijäs, projektipäällikkö Petri Tillonen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani CMe Solutions Oy, PCM technology Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja käyttöönottaa uuteen peittausnostimeen ohjausjärjestelmä, jonka tekniikka perustui ohjelmoitavaan logiikkaan. Työn toimeksiantaja oli CMe Solutions, joka toteutti järjestelmän sähkötekniillisen suunnittelun ja asennuksen. Asiakkaana oli PCM Technology Oy, joka suunnitteli ja rakensi nostimen mekaniikan.</p> <p>Työssä suunniteltiin ja rakennettiin peittausnostimen ohjauskeskus, joka täyttää pienjännitekeskusten ja koneturvallisuuden asettamat standardit. Suunnitelman tuli sisältää kaikki tarvittavat dokumentit, jotta keskus voidaan rakentaa, kytkeä ja ottaa käyttöön. Opinnäytetyöhön liittyi dokumenttien laatiminen, keskuksen rakennus, tarkastukset ja asennus. Työn ulkopuolella rajattiin ohjelmoitavan logiikan ohjelmointi. Työssä perehdyttiin ohjauskeskusten valmistuksen eri vaiheisiin ja lisäksi selvitetään tarkemmin, mitkä seikat ohjaavat keskuksen suunnittelua ja valmistusta.</p> <p>Työn tuloksena saatiin toimiva ohjausjärjestelmä dokumentteineen, millä voitiin ajaa peittausnostinta. Nostimen automatisoitu ohjaustekniikka tehostaa peittausprosessin tuottavuutta, vähentää inhimillisiä erehdyksiä ja työtapa-turmien riskiä. Kokonaisuudessaan projekti oli onnistunut ja täytti sille asetetut vaatimukset.</p>			
Avainsanat Ohjelmoitava logiikka, PLC, peittaus			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author Markus Juhani Miinalainen			
Title of Thesis Design and Introduction of Pickling Lift Control System			
Date	10 May 2016	Pages/Appendices	29/46
Supervisor Mr. Jari Ijäs, Principal Lecturer and Mr. Petri Tillonen, Project Manager			
Client Organisation /Partners CMe Solutions Ltd, PCM Technology Ltd			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this bachelor's thesis was to design and introduce a new pickling lift controlgear whose control technology is based on a programmable logic controller. The thesis was commissioned by CMe Solutions Ltd, which implemented electrical designing and installation of the system. The client of the system was PCM technology Ltd, which designed and built the mechanics of the pickling lift.</p> <p>The target of this thesis was to design and build a controlgear which meets the low-voltage switchgear and safety of machinery standards. The plan was to include all the necessary documents so the controlgear can be built, connected and introduced. The thesis included compiling the documents, building the controlgear, inspections and installation. The programming of the programmable logic controller was excluded of this thesis. Different phases in controlgear manufacturing were familiarized with this project and factors which guide the designing and manufacturing of the centre.</p> <p>As a result of this final project, a functional controlgear was made which can run a pickling lift. The automated control technic of the pickling lift intensifies the pickling process, reduces human error and work accidents. The entire project was a success and it met the requirement set for it.</p>			
Keywords Programmable logic controller, PLC, pickling			

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö tehtiin Savonia-ammattikorkeakoulun sähkötekniikan opinnäytetyönä. Työ tehtiin yhteistyössä asiakkaan PCM Technology Oy:n ja työn toimeksiantajan CMe Solutions Oy:n kanssa. Työssä suunniteltiin ja toteutettiin asiakkaan uuteen peittausnostimeen ohjausjärjestelmä.

Haluan kiittää CMe Solutionsin toimitusjohtaja Marko Miettistä opinnäytetyöaiheen järjestämisestä, sekä projektipäällikkö Petri Tillosta työn ohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää opinnäytetyön ohjaajaa lehtori Jari Ijasta.

Kuopiossa 10.5.2016

Markus Miinalainen

SISÄLTÖ

TERMIT JA KÄSITTEET.....	7
1 JOHDANTO	8
2 PEITTAUS.....	9
2.1 Passiivikerroksen palautusmenetelmät.....	9
2.2 Allaspeittaus	9
3 AUTOMAATIO	11
3.1 Ohjelmoitava logiikka	11
3.1.1 Omron CJ2M.....	11
3.1.2 Virtalähde.....	12
3.1.3 CPU.....	12
3.1.4 I/O -yksiköt	12
3.2 Taajuusmuuttaja.....	13
3.2.1 SEW Oy.....	13
3.2.2 SEW MOVITRAC® B- taajuusmuuttajamalli.....	14
4 SUUNNITTELU	15
4.1 Standardit ja asetukset.....	15
4.2 Kartoitus	16
4.3 Toimintakuvaus	16
4.4 Piirikaaviot.....	17
4.4.1 Käytettävät suunnitteluohjelmat.....	19
4.4.2 Kaapelointi.....	19
4.5 Käyttöliittymä	21
4.6 Komponenttivalinnat	21
4.6.1 Ympäristön vaatimukset	22
4.6.2 Varaosien saatavuus ja komponenttien yhteensopivuus	23
4.6.3 Laajennettavuus	23
4.7 Keskuksen suunnittelu.....	23
4.7.1 Keskuksen sijainti.....	23
4.7.2 Kaapelireitit	24

4.7.3	Lämpö.....	24
4.8	Ohjelmointi.....	25
5	TARKASTUKSET	26
6	TESTAUKSET	28
7	YHTEENVETO.....	29
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	30
	LIITE 1: PEITTAUSNOSTIMEN TOIMINTAKUVAUS	31
	LIITE 2: OHJAUSKESKUKSEN PIIRIKAAVIO.....	42
	LIITE 3: OHJAUSKESKUKSEN RIVILIITINTEN KOKOONPANOKUVA.....	63
	LIITE 5: OSALUETTELO.....	68
	LIITE 6: KAAPELOINTIKUVA.....	73

LIITTEET 1 - 6 EI JULKISIA

TERMIT JA KÄSITTEET

Peittaus = Ruostumattoman metallin pintakäsittely

PLC (Programmable Logic Controller) = Ohjelmoitava logiikka

I/O (Input Output) = Sisään- ja ulostulo

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on CMe Solutions Oy ja asiakas PCM Technology Oy. Opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja käyttöönottaa uuden peittausnostimen ohjausjärjestelmä. Asiakkaalla oli aiemmin jo olemassa vanha peittausnostin, mutta tuotantolaitteiden päivityksen myötä investoitiin uuteen nostimeen, jonka ohjausjärjestelmä päätettiin samalla automatisoida. Uuden nostimen ohjausta varten CMe Solutions toimittaa ja asentaa uuden ohjauskeskuksen, ohjauspaneelin, anturoinnit, kaapeloinnit ja hoitaa koko laitteiston käyttöönoton. Projektissa tehdään myös ohjauskeskukseen liittyvät dokumentit, kuten sähkökuvat, kaapelointikuvat ja mittauspöytäkirja. PCM toteuttaa peittausnostimen mekaniikan suunnittelun ja toteutuksen. Nostin rakennetaan PCM:n toimitiloissa omalla osastollaan, josta se siirretään valmistuttua käyttöpaikalleen. Uusi peittausnostin nopeuttaa asiakkaan peittausprosessia noin kaksinkertaisesti, tehostaa peittausnostimen operointiin kuluvaa aikaa, vähentää käyttöhenkilökunnan inhimillisiä erehdyksiä ja lisää työturvallisuutta.

CMe Solutions Oy on kuopiolainen yritys, joka on perustettu vuonna 2008. CMe:llä on vahva osaaminen automaatiosta, ohjelmoinnista ja mobiilisovelluksista. CMe tarjoaa monipuolista sähkö- ja automaatiosuunnittelua, ohjelmointipalvelua, keskusvalmistukset, asennukset sekä projektoinnit teollisuuden kaikkiin tarpeisiin. Lukuisten yhteistyökumppaneiden kanssa CMe pystyy toteuttamaan laajan automaatioprojektin asiakkaalleen avaimet käteen -periaatteella.

(CMe Solutions Oy, 2016)

2 PEITTAUS

Peittaus on ruostumattoman metallin pintakäsittelyä, jolla poistetaan metallista niin sanottu vähäkrominen oksidikerros. Ruostumattomassa metallissa on itsessään vahva kromipitoinen oksidikerros (passiivikerros), joka takaa metallille hyvän korroosionkestävyyden. Oksidikerroksen rikkoutuessa tai heiketessä, altistuu metalli hapelle, jolloin korroosion riski suurenee. Metallin erilaiset käsittelyt, erityisesti lämpökäsittely ja hitsaukset muodostavat metallin pinnalle oman oksidikerroksen, joka on heikompaa kuin alkuperäinen passiivikerros. Korroosion estämiseksi on tärkeää poistaa heikko oksidikerros ja palauttaa passiivikerros mahdollisimman nopeasti metallin käsittelyn jälkeen. (Esab, 2016)

2.1 Passiivikerroksen palautusmenetelmät

Ruostumattoman metallin passiivikerroksen palauttamiseksi tulee heikko oksidikerros poistaa. Oksidikerroksen poistamiseen on monia eri tapoja, joista sopivimman määrittelee lähinnä kappaleen koko ja muoto, kappalemäärät ja haluttu tarkkuus. Oksidikerroksen voi poistaa hiomalla, harjaamalla, hiekkapuhaltamalla, lasikuulapuhaltamalla tai kemiallisesti peittaamalla. Edellä mainituista keinoista peittaus on ylivoimainen puhdistusmenetelmä muihin verrattuna. (Peittausopas_2004 esab)

Kuten jo edellä kerrottiin, on peittaus paras menetelmä poistaa heikko oksidikerros metallin pinnasta. Peittausmenetelmiä on erilaisia: sivellinpeittausta, ruiskupeittausta, allaspeittausta ja sähkökemiallista peittausta. Lopputuloksen kannalta menetelmissä ei ole juurikaan eroa, vaan sopivin menetelmä määräytyy kappaleiden koon ja määrän mukaan.

2.2 Allaspeittaus

Tässä opinnäytetyössä asiakkaalle tulee uusi allaspeittausjärjestelmä, minkä takia allaspeittausta esitellään tarkemmin. Allaspeittauksessa peitattava kappale upotetaan happoaltaaseen ja sen annetaan olla siellä tietty aika. Yleensä peittausshappona käytetään typpi- ja fluorivetyhapon seosta. Peittausaika riippuu kappaleen pinnasta, hitsausmenetelmästä, teräslaadusta, lämpötilasta ja happojen pitoisuuksista. Monen muuttujan takia peittausaika määräytyy tapauksittain. Kappaleen ollessa upoksissa pääsee happo vaikuttamaan kappaleen joka osaan. Happoaltaan jälkeen kappale huuhdellaan nostamalla se vedellä täytettyyn huuhtelualtaaseen. Kappaleen huuhtelu on tärkeää, sillä se poistaa peittausainejäämät ja jäämäoksidin. Jos kappaletta ei huuhdella kunnolla, voivat peittausainejäämät värjätä metallin kirjavaksi. Tarvittaessa huuhtelualtaan jälkeen kappaleen kunnollinen huuhtelu voidaan varmistaa painepesurilla tai muulla vastaavalla keinolla. Huuhtelun jälkeen kappaleen tulee antaa kuivaa. Kuivamisen aikana metallin pintaan muodostuu uusi oksidikerros.

Allaspeittaus on kustannustehokkain ja suositeltavin peittausmenetelmä. Sen etuina muihin menetelmiin on, että samaa peittausshappoa voidaan käyttää yhä uudelleen ja itse peittausprosessissa ei

tarvitse levittää peittausainetta kappaleisiin tai huuhdella niitä kokonaan. Lisäksi allaspeittauksen etuna ovat tasainen peittaustulos ja siten optimaaliset korroosio-ominaisuudet tuotteelle.

(Esab, 2016) (Tekpin Oy, 2016) (Teräspinta, 2016)

3 AUTOMAATIO

Automaatiolla tarkoitetaan laitetta, joka osaa tehdä sille tarkoitetun työn itse. Elektroniikan kehityksessä ja hintojen laskiessa, on automatisointi tullut monelle toimijalle ajankohtaiseksi asiaksi. Automatisoinnille on monia syitä. Se muun muassa

- säästää ihmistä raskaalta ja toistuvalla työltä
- tuottaa yksinkertaisia tuotteita
- saa aikaan tasaista laatua
- vähentää inhimillisiä erehdyksiä
- lisää työturvallisuutta
- vähentää energiankulutusta
- lisää tuottavuutta.

Automaation yhteydessä kuulee käytettävän termiä automaatioaste. Automaatioaste tarkoittaa sitä, kuinka suurissa määrin laitetta voidaan käyttää ihmisen puuttumatta sen toimintaan. Mitä pienempi ihmisen osuus laitteen toiminnassa on, sitä suurempi on automaatioaste.

(Keinänen;Kärkkäinen;Lähetkangas;& Sumujärvi, 2007)

3.1 Ohjelmoitava logiikka

Automaatiossa käytetyimpiä ohjauskomponentteja ovat ohjelmoitavat logiikat (PLC, Programmable Logic Control). PLC:ssä on tulo- (input) ja lähtö- (output) portteja, joihin kaikki kenttälaitteet on kytketty. PLC ohjaa prosessin laitteita logiikkaan tulevien tulojen ja lähtöjen tai väylien kautta muistissa olevien parametrien ja ohjelmien perustella. PLC:n toiminta perustuu niiden sisään rakennettuun prosessoriin, jonka toiminta voidaan ohjelmoida sovelluksittain.

PLC:t ovat korvanneet laajat releillä toteutetut ohjausjärjestelmät. Etuina PLC:issä releihin verrattuna on logiikan selkeä toiminta ja niiden muunneltavuus. PLC:iden kytkentämuutoksissa ei välttämättä tarvitse tehdä johtimiin muutoksia, vaan kaikki muutokset voidaan tehdä ohjelmallisesti. Elektroniikan kehittyessä ja komponenttien pienentyessä PLC:itten hinta on halventunut ja fyysinen koko pienentynyt. Ohjauksen toteuttaminen PLC:llä on mahdollistanut nopeammat kytkentäaajuudet, analogiset viestit sekä PLC:n yhdistämisen laajempaan kokonaisuuteen erilaisilla väyläjärjestelmillä. (Keinänen;Kärkkäinen;Lähetkangas;& Sumujärvi, 2007) (Omron, 2016)

3.1.1 Omron CJ2M

Peittausnostimen ohjaukseen käytetään Omronin CJ2M ohjelmoitavaa logiikkasarjaa. CJ2M-sarja on ihanteellinen ratkaisu yleiseen koneautomaation tarpeisiin. Se on modulaarinen ja helposti laajennettavissa käyttäjän toiveiden mukaan. CJ2M-sarjaan voidaan lisätä haluttuja yksiköitä, kytkemällä ne edellisen yksikön kylkeen. Jokaisessa yksikössä on molemmin puolin liittimet, jolloin yksikköjä voidaan vapaasti lisäillä. Viimeiseen yksikköön tulee erillinen päätysuoja, joka peittää liittimen ja sulkee virtapiirin.

(Omron, 2016) (Keinänen;Kärkkäinen;Lähetkangas;& Sumujärvi, 2007)

Seuraavaksi on kerrottu hieman yksityiskohtaisemmin CJ2M-logiikan komponenteista. Eri valmistajilla voi olla poikkeuksia omissa logiikkasarjoissa, mutta pääsääntöisesti logiikoiden perusrakenne on sama.

3.1.2 Virtalähde

PLC:n ensimmäinen yksikkö on virtalähde (Power), joka tuottaa logiikan tarvitseman jännitteen. Tässä työssä käytetään Omronin CJ1W-PA202 virtalähdettä. Virtalähteeseen kytketään normaali 230 VAC verkkojännite, jonka virtalähde muuttaa 5 VDC jännitteeksi. Tuotetun jännitteen virtalähde ohjaa sivussa olevaan liittimeen, jolloin viereinen yksikkö saa myös jännitesyötön. Liittimien ketjutuksen ansiosta, kaikki kytkettävät yksiköt saavat tarvitsemansa jännitteen.

Virtalähteen teho on kuitenkin pieni ja sitä ei ole tarkoitettu syöttämään muuta kuormaa kuin PLC:n elektroniikkaa. Virtalähteen syötön käyttäminen muualla saattaisi aiheuttaa jänniteheilahteluja muiden yksikköjen syöttöön ja ongelmia logiikan toiminnassa. Ulkoisiin ohjauksiin PLC tarvitsee erillisen virtalähteen, jolla syötetään esimerkiksi toimilaitteita. Toimilaitteiden tarvitsema jännite on yleensä 24 VDC:tä. Virtalähteen valinnassa tulee huomioida liitettävien yksikköjen virrankulutus, sillä virtalähteen tehot ovat rajalliset. Jos virrankulutusta ei huomioida, voi virtalähde ylikuormittua ja sammuttaa itsensä. (Omron, 2016)

3.1.3 CPU

CPU (Central Processing Unit) on yksikkö, joka sisältää PLC:n ”älyn”. Tässä työssä käytettiin CPU:n mallia CJ2M-CPU33. PLC:hen ohjelmoidaan haluttu ohjelma, jonka CPU toistaa yhä uudelleen. Ohjelman kertaalleen suorittamista kutsutaan ohjelmakierroksi ja tietyn ohjelman ohjelmakierron nopeus riippuu CPU:n ominaisuuksista.

CPU:n valinnassa tulee huomioida, mitä ohjaussovellukselta vaaditaan. Jos CPU:hun liitetään vain muutama digitaali I/O-kortti ja ohjelmakierron ei tarvitse olla kovinkaan nopea, riittää CPU:ksi lähes mikä vain malli. Jos puolestaan PLC:hen tulee monta erityyppistä I/O-korttia ja vaaditaan nopeaa suoritusaikaa, vaaditaan CPU:lta jo enemmän tehoa. (Omron, 2016)

3.1.4 I/O -yksiköt

I/O-yksiköt (I/O, Input Output) ovat logiikan tulo ja lähtöportteja. I/O-yksikköjä on erilaisia, mutta yleisimmät ovat analogia ja digitaali tulo- ja lähtöyksiköt. Digitaalisignaali on päälle ja pois - tyyppinen signaali, eli sillä on vain kaksi eri tilaa. Digitaalituloyksiköihin voidaan kytkeä esimerkiksi rajakytkimen tilatieto ja digitaallilähdöllä voidaan ohjata esimerkiksi releen kela. Analoginen signaali on puolestaan säätävä arvo ja se voi esimerkiksi vaihdella 0-10 V välillä. Analogiseen tuloyksikköön voidaan kytkeä vaikka paineanturi, joka skaalaa anturin antaman paineen 0-10 V jännitteeksi. Analoginen lähtöyksikkö voidaan kytkeä esimerkiksi taajuusmuuttajan nopeusohjekanavaan, jossa se

säätää taajuusmuuttajan ohjaaman moottorin pyörimisnopeutta. Digitaalisten ja analogisten yksiköiden lisäksi on myös esimerkiksi pulssi-, lämpötilansäätö- ja paikoitusyksiköjä. I/O-yksikön kanavien lukumäärissä on paljon vaihtelua. Esimerkiksi Omronin CJ-sarjan digitaalinen I/O-yksikkö on mahdollista saada 8 – 64-kanavaisena.

Tässä projektissa käytettiin I/O-yksiköinä digitaalituloyksikköä CJ1W-ID212, digitaalilähtöyksikköä CJ1W-OD212, analogialähtöyksikköä CJ1W-DA021 NL ja pulssiyksikköä CJ2M-MD211. (Omron, 2016)

3.2 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on sähkölaite, joka pystyy muuttamaan syöttöjännitteen taajuuden ja amplitudin ja syöttämään sen edelleen eteenpäin. Taajuusmuuttaja kytketään yleensä sähköverkon ja generaattorin tai moottorin välille. Taajuusmuuttajan avulla pystytään säätämään epätahtimoottorin kierrosnopeutta taajuutta muuttamalla. Kytettäessä epätahtimoottori suoraan verkkokäyttöön, pyörii moottori aina verkon taajuuden määrämällä vakionopeudella.

Taajuusmuuttajalla pystytään epätahtimoottorin nopeuden ohjauksen lisäksi jarruttamaan moottoria, vaihtamaan pyörimissuuntaa ja pitämään moottoria paikallaan. Moottorin pyörimisnopeuden säätö mahdollistaa moottorien energiatehokkaamman käytön, sillä monissa sovelluksissa ei vaadita aina täyttä pyörimisnopeutta. Parhaimmillaan taajuusmuuttajan hankintahinta on maksettu takaisin jo muutamassa kuukaudessa, säästetyn energian avulla. Generaattorikäytöissä taajuusmuuttajalla voidaan syöttää generaattorin tuottama teho sähköverkkoon, vaikka generaattorin jännite ja taajuus eivät vastaisi verkon arvoja. Taajuusmuuttajat ovat yleistyneet kovaa vauhtia, ja ABB arvioi vuonna 2008, että kaikista sähkömoottorikäytöistä noin 10 % olisi varustettu taajuusmuuttajalla (ABB, 2016)

Monissa taajuusmuuttajissa on itsessään ”älyä”, jolloin pienemmissä sovelluksissa ei tarvita erillistä ohjausjärjestelmää. Taajuusmuuttajissa saattaa olla vakiona muutama I/O-kanava, jolla voidaan ohjata esimerkiksi releitä tai ottaa esim. rajakytkimien tilatietoja kentältä. Kuitenkin laajemmissa sovelluksissa on luontevaa ohjata taajuusmuuttajaa logiikalla, sillä logiikka säätelee muitakin toimilaitteita. Logiikoiden ohjelmointiohjelmisto on myös tehty käyttäjäystävällisemmäksi, mitä taajuusmuuttajien. Tässä työssä käytetään SEW:in Movitrac B -sarjan taajuusmuuttajia.

3.2.1 SEW Oy

SEW (Suddeutsche Elektromotorenwerke) on vuonna 1931 perustettu saksalainen voimansiirtoon erikoistunut yritys. Yrityksen tuotevalikoimiin kuuluvat erilaiset vaihteistot ja taajuusmuuttajat tarvikkeineen, teollisuuden tarpeisiin. Yritys toimii 48 eri maassa. Toimintansa SEW aloitti Suomessa vuonna 1975. SEW:in Suomen kokoonpanotehdas ja pääkonttori sijaitsevat Hollolassa ja aluekonttorit Helsingissä, Vaasassa ja Rovaniemellä. (SEW, 2016)

3.2.2 SEW MOVITRAC® B- taajuusmuuttajamalli

SEW:in Movitrac- mallisto kattaa taajuusmuuttajat tehoissa 0,25–75 kW. Taajuusmuuttajamallia saa kolmivaiheversion lisäksi pienemmissä tehoissa yksivaiheisena. Mallistoon on saatavilla lukuisia eri lisävarusteita. Tässä projektissa käytetään kahta kolmivaiheista taajuusmuuttajaa tehoissa 0,37 kW ja 1,5 kW. Molemmat taajuusmuuttajat on varustettu omalla jarruvastuksella ja parametroidintimoduulilla. Taajuusmuuttajien ja PLC:en välinen kytkentä toteutettiin perinteisesti digitaali ja analogisignaaleilla, sillä Movitrac mallissa ei ollut mahdollisuutta väyläliityntään.

(SEW, 2016)

4 SUUNNITTELU

Sähkösuunnittelussa asiakkaan toiveet jonkin laitteiston toiminnasta johdetaan sähkötekniiseksi suunnitelmaksi. Se, kuinka pitkälle suunnitelma viedään, riippuu laitteistosta ja asiakkaan tarpeista. Suunnittelu on monivaiheinen prosessi, jonka vaiheita käydään seuraavaksi läpi.

4.1 Standardit ja asetukset

Ohjausjärjestelmän koon takia, asennetaan komponentit omaan pienjännitekeskukseen. Sähkökeskusten valmistuksessa noudatetaan kansallista SFS-EN 61439 -standardia, joka perustuu kansainväliseen IEC 61439 -sarjaan.

"Tämän standardin tarkoituksena on yhdenmukaistaa mahdollisimman pitkälle kaikki jakokeskuksia koskevat yleiset säännöt ja vaatimukset. Tavoitteena on saavuttaa samanlaiset vaatimukset ja todentamistavat ja se, ettei todentamisessa tarvita muita standardeja. Tähän perusstandardiin koottu kaikki vaatimukset, jotka voidaan luokitella yleisluontoisiksi erilaisille keskusstandardeille, ja lisäksi tähän on koottu sellaisten laajalti kiinnostavien ja käytettyjen erityisaiheiden, kuten esimerkiksi lämpeneminen, sähköiset ominaisuudet jne. vaatimukset"

(Suomen standardisoimisliitto, 2013, s. 22)

SFS-EN 61439 -standardia sovelletaan pienjännitejakokeskuksiin vain, jos niin vaaditaan asiaankuuluvassa keskusstandardissa, seuraavalla tavalla:

*"-keskukset, joissa mitoitusjännite ei ylitä 1000 V vaihtojännitettä tai 1500 V tasajännitettä -paikallaan pysyvä tai liikuteltava keskus kotelolla tai ilman
-keskukset, jotka ovat tarkoitettu käytettäväksi sähköenergian tuottamiseen, siirtoon, jakeluun ja muuttamiseen ja sähköenergiaa käyttävien laitteiden ohjaukseen
-koneiden sähkölaitteistojen suunnitellut keskukset edellyttäen, että täytetään asianmukaiset erityisvaatimukset"*

Tätä standardia sovelletaan kaikkiin keskuksiin sekä silloin, kun ne on suunniteltu, valmistettu ja todennettu yksittäistapauksena, että silloin kun ne on täysin standardisoitu ja rakennettu suurina määrinä."

(Suomen standardisoimisliitto, 2013, s. 24)

Koneiden tulee täyttää seuraavat vaatimukset ja asetukset:

"Koneiden on täytettävä eurooppalaiset turvallisuusvaatimukset. Koneiden turvallisuutta koskee valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (400/2008, ns. koneasetus). Koneasetuksella on pantu täytäntöön konedirektiivi 2006/42/EY. Asetuksessa on annettu yleisiä turvallisuusvaatimuksia koneiden rakenteelle ja merkinnöille. Turvallisuusstandardeissa on yksityiskohtaisempia teknisiä vaatimuksia eri koneille."

(Tukes, 2016)

Koneasetus ei kuitenkaan anna ohjeita suoraan sähkösuunnitteluun, vaan siihen sopii paremmin koneturvallisuuden asetukset koneiden sähkölaitteistosta. Koneiden sähkölaitteistoa säätelee kansain-

välinen IEC 60204 -standardi, josta on kansallinen versio SFS-EN 60204-1. Suunniteltaessa konetta ohjaavaa sähkölaiteistoa, voivat koneturvallisuusstandardit velvoittaa joidenkin lisäjärjestelmien ja ominaisuuksien käyttöä.

”Standardin IEC 60204 tämä osa määrittelee koneiden sähkölaiteistolle vaatimuksia ja suosituksia tarkoituksena edistää:

-henkilöiden ja omaisuuden turvallisuutta

-ohjauksen sekä sen aiheuttaman toiminnan yhdenmukaisuutta

-huollon helppoutta”.

(Suomen standardisoimisliitto SFS, 2006, s. 16)

”Standardin IEC 60204 tätä osaa sovelletaan koneiden (lukuun ottamatta käytön aikana kannettavien koneiden) sähkö-, elektroniikka- ja ohjelmoitavien elektroniikkalaitteiden ja järjestelmien soveluksiin mukaan lukien koneryhmiin, jotka toimivat yhdessä koordinoitusti.

Standardin IEC 60204 tämän osan kattama laitteisto alkaa koneen sähkölaiteiston verkkoliitäntäkohdasta.

Standardin IEC 60204 tätä osaa sovelletaan sähkölaiteistoon tai sen osiin, joiden nimellisjännite on korkeintaan 1000 V vaihtojännitteellä tai 1500 V tasajännitteellä ja joiden nimellistaajuus on korkeintaan 200 Hz”

(Suomen standardisoimisliitto SFS, 2006, s. 20)

Tässä työssä ohjauskeskuksen kriteerit täyttyvät edellä mainittujen standardien osalta, minkä takia ohjauskeskuksen tulee täyttää standardit: SFS-EN 61439 ja SFS-EN 60204.

4.2 Kartoitus

Suunnittelu alkaa siitä, kun asiakas kertoo urakoitsijalle haluamansa laitteen toiminnallisuuksista. Yhdessä urakoitsijan kanssa kartoitetaan, kuinka mikäkin ominaisuus tulisi toteuttaa ja kannattaako ne toteuttaa. Urakoitsijan tulisi tässä vaiheessa kertoa mahdollisista eri standardeista ja asetuksista, jos ne vaikuttavat suunnitteluun tai tuovat jotain uutta siihen.

Projektissa asiakkaana toimiva PCM oli laatinut kirjallisen toimintakuvauksen peittausnostimen toiminnasta. PCM suunnitteli ja rakensi peittausnostimen mekaanisen puolen ja ulkoisti sähköisen ohjauksen CMe Solutionille.

4.3 Toimintakuvaus

Peittausnostimen tarkoituksena on automaattisesti liikuttaa kahta peittauskoria kolmen asemapaikan välillä. Asemapaikat ovat peittausallas, huuhteluallas ja lastauspaikka. Peittausprosessissa yhden korin kulkujärjestys on: lastaus, peittaus, huuhtelu ja lastaus. Peittausnostin voi liikkua joko vaakasuunnassa tai pystysuunnassa. Nostinta liikuttaa kaksi kulmavaihteella varustettua 3-vaiheista epätahtimoottoria, jotka on kytketty taajuusmuuttajiin. Peittauskorit jätetään aina asemapaikalleen ja nostin palaa omalle kotipisteelleen. Peittauskoriin irrotuksessa ja kiinnityksessä nostin tekee pienen

koukkausliikkeen, jolla kori kiinnittyy nostimeen. Peittausnostimen paikoituspisteitä varten käytetään induktiivisia ja mekaanisia rajakytkimiä sekä pulssiantureita.

Peittausnostinta ohjataan peittaushallin ulkopuolella sijaitsevasta ohjauspaneelistä, jossa on kosketusnäyttö. Käyttäjä määrittelee paneelille peitattavien kappaleiden tyypit ja peittausajan. Määrittelyjen jälkeen, nostin poimii korin lastauspaikalta ja vie sen peittaukseen. Määrätyn ajan jälkeen nostin poimii korin ja vie sen seuraavalle asemapaikalle. Käyttäjää tarvitaan ainoastaan peittausprosessin käynnistämiseen. Uuden erän peittaamista varten, käyttäjän tulee poistaa peitatut kappaleet lastauspaikalta, siirtää uudet kappaleet tilalle ja käynnistää peittaus.

PCM:n tekemä tarkempi toimintakuvaus löytyy liitteestä 1.

4.4 Piirikaaviot

Asiakkaan kerrottua laitteiston haluttu toiminta, sähkösuunnittelija aloittaa työstämään laitteiston kytkentäkaaviota, eli piirikaaviota. Suunnittelussa tulee huomioida senhetkiset standardit ja asetukset, joiden kanssa suunnitelman tulee olla linjassa.

Ohjauskeskus sisältää ohjausvirtapiirejä, minkä takia keskusstandardi velvoittaa seuraavaa:

”Kun ohjauspiirejä syötetään vaihtovirralla on siihen käytettävä ohjausmuuntajia. Muuntajilla on oltava erilliskäämitykset. Käytettäessä useita muuntajia suositellaan niiden kytkemistä niin, että toisiojännitteet ovat saman vaiheisia.”

(Suomen standardisoimisliitto SFS, 2006, s. 84)

Keskuksen sisäisiä vaihtovirtapiirejä varten tulee keskuksessa olla ohjausjännitemuuntaja. Muuntaja erottaa ensiön ja toision galvaanisesti irti toisistaan. Tässä työssä käytetään MURR Elektronikin 500 VA:n muuntajaa. Ohjausjännitemuuntajan koon valitsemiseksi on laskettu muuntajan perässä oleva kuorma ja valitu tätä arvoa vastaava suurempi muuntajan koko. Muuntajan ensiöön syötetään kahden vaiheen väliltä 400 VAC:n jännite ja toisiosta saadaan 230 VAC:n jännite muuntajan nollapistettä vasten. Muuntajan jälkeistä nollaa ei saa yhdistää TN-S-jakelujärjestelmän nollaan. Nollapistet erotetaan toisistaan merkkamalla normaali nolla tunnuksella N ja suojaerotusmuuntajan jälkeinen nolla tunnuksella N2. 400 VAC ensiöjännitteen ansiosta muuntaja syötössä ei tarvita nollajohdinta, jolloin muuntajan syöttämä kuorma ei kuormita nollaa. Samanlaisella muuntajalla voidaan esim. teollisuusympäristössä käytettävässä 400 VAC TN-C-sähkönjakelujärjestelmässä tuottaa keskuksen ohjauskomponenttien vaatima 230 VAC jännite, ilman että keskukseen tulee nollajohdin.

Liikkuvan nostimen kanssa työskennellessä on aina vaara joutua nostimen liikeradalle, minkä takia nostimen ohjauspiirissä tulee olla hätätoiminto vaaratilanteiden ehkäisemiseksi. Koneturvallisuus määrittelee hätätoiminnoille ja hätäpysäytykselle seuraavaa:

”Hätätoiminnot:

Standardin IEC 60204 tämä osa esittää liitteessä E esitetyille hätäpysäytykselle ja hätäpoislaitteelle asetetut vaatimukset. Molemmat toiminnot saadaan aikaan yhdellä ihmisen suorittamalla toimenpiteellä.

Kun hätäpysäyttimen ohjaimen tai hätäpoislaitteen ohjaimen aktiivinen käyttäminen, josta pysäytyskäsky seuraa, on lakannut, tämän käskyn on jättävä voimaan siihen asti kunnes se kuitataan. Tällainen käsikäyttöinen kuittaus saa olla mahdollista vain siltä paikalta, jolta pysäytyskäsky pantiin alulle. Käskyn kuittaus ei saa uudelleen käynnistää konetta, vaan ainoastaan sallia uudelleenkäynnistämisen.”

(Suomen standardisoimisliitto SFS, 2006, s. 88)

”Hätäpysäytys

Hätäpysäytyksen on tapahduttava joko pysäytysluokan 0 tai 1 mukaisesti. Hätäpysäytyksen luokan valinta on tehtävä koneen riskin arvioinnin perusteella.

Pysähtymiselle asetettujen vaatimusten lisäksi asetetaan hätäpysäytystoiminnolle seuraavat lisävaatimukset:

-sen on ohitettava kaikki muut toiminnot kaikissa toimintatavoissa

-niiltä koneen toimilaitteilta, jotka voivat aiheuttaa vaaratilanteen, on poistettava teho joko välittömästi (pysäytysluokka 0) tai ohjattava niin, että vaaraa aiheuttava liike pysähtyy mahdollisimman nopeasti (pysäytysluokka 1) aiheuttamatta muita vaaratekijöitä

-hätäpysäytystoiminnon kuittaminen ei saa aiheuttaa uudelleenkäynnistymistä”

(Suomen standardisoimisliitto SFS, 2006, s. 88)

Tässä työssä keskukseen kytkettävä operointipaneeli varustetaan hätäseispainikkeella. Hätäseistoiminto toimii pysäytysluokan 0 mukaan, eli se katkaisee jännitteet moottoreja syöttäviltä taajuusmuuttajilta. Taajuusmuuttajien sammussa katkeaa moottoreiden jarrukontaktoreilta jännite, jolloin jousivoima pakottaa mekaanisen jarrun päälle. Hätäseispainikkeen rakenteen tulee olla sellainen, että se jää painamisen voimasta pohjaa. Esimerkiksi tässä työssä käytetään Eatonin M22-PVT -hätäseispainiketta. Hätäseispiiri on tuplattu, eli jokaisen hätäseispainikkeen läpi kiertää kaksi omaa piiriä. Kummallakin piirillä on hätäseispainikkeessa oma avautuva koskettimensa, jotka toimivat yhtä aikaa painiketta painettaessa. Pelkästään toisen koskettimen avautuminen riittää aiheuttamaan hätäseistoiminnon. Hätäseispiiri on kytketty turvareleeseen, joka ohjaa kahta kontaktoria. Näiden turvareleiden ohjaaman kahden kontaktorin kärjet on sarjaan kytketty, jolloin yhden kontaktorin kiinni hitsautuminen ei estä hätäseistoiminnon tapahtumista. Uudelleenkäynnistymisen esto hätäseistoiminnon kuittautumisen jälkeen, estetään logiikan ohjelmassa. Logiikkaan on kytketty tilatieto hätäseistoiminnon tilasta, jolloin hätäseistoiminnon jälkeen logiikka vaatii prosessin uudelleen käynnistämisen ohjauspaneelin kautta.

Hätäseistoiminnon lisäksi nostimen ohjauspiiriin tulee oviturvapiiri, joka pysäyttää nostimen jos peittaushallin ovi avataan. Oviturvapiiri toimii pysäytysluokan 1 mukaisesti, eli se jarruttaa sähköisesti nostimen liikkeen pysähdyksiin tietyssä ajassa. Pysähtymisviivettä käytettäessä tulee varmistaa, että ovesta tulija ei ehdi mennä nostimen vaara-alueelle nostimen vielä liikkeessa. Pysähtymisviiveen käyttö mahdollistaa tasaiset nostimen pysäytykset ja estää kuljetettavien kappaleiden heilumisen. Kappaleiden heilahtelu on tärkeää estää, sillä kuljetettavissa kappaleissa saattaa olla peittaushappoja, joiden ei haluta leviävän peittaushalliin. Lisäksi peitattavat kappaleet on osittain pinottu päällekkäin.

käin, minkä takia äkkipysäytys saattaa kaataa kappaleet korin sisällä. Myös oviturvapiiri toteutetaan erillisellä turvareleellä. Piirikaaviot ovat liitteenä 2.

4.4.1 Käytettävät suunnitteluohjelmat

CMe Solutions käyttää sähkösuunnittelussa Autocad Electric -sovellusta ja layoutien tekemiseen lisäksi SolidWorks -suunnitteluohjelmistoa. Näiden ohjelmien lisäksi käytetään apuna eri laitevalmistajien ilmaisohjelmia, jotka ovat tukena suunnittelussa. Eri valmistajien ohjelmia ovat muun muassa Phoenix Contactin riviliittimien suunnitteluohjelma CLIP PROJECT ja Rittalin keskusten konfigurointiohjelma RiCAD ja keskusten lämpenemisen laskentaohjelma Therm. RiCADissä on mahdollista valita keskuskaappi haluamallaan kokoonpanolla (ovilla, seinillä, pohjasokkelilla, kiinnitysraudoilla yms.) ja tuoda kuva 2D- tai 3D-mallina Autocadiin tai SolidWorksiin. Kuvan tuonti oikeassa mittakaavassa nopeuttaa layout-kuvan piirtämistä. Halutusta kokoonpanosta saa kuvien lisäksi tulosteena listan kaikista kaapin komponenteista.

CLIP PROJECT -ohjelmistolla voidaan mallintaa riviliittinten kokoonpano. Valmiin kokoonpanon voi viedä keskuksen layout-kuvaan (Autocad, SolidWork) tai ottaa tulosteena sellaisenaan. Valmiista tulosteesta näkee kaikki riviliittinryhmään kuuluvat osat ja tarkat mallit.

CLIP PROJECT -ohjelmalla tuotettu riviliittinkuva on liitteenä 3.

4.4.2 Kaapelointi

Pienjännitekeskuksen kaapeloinnista määrittelee standardi SFS-EN 31439-1 8.6.3 seuraavaa:

”Virtaa johtavien osien liitokset eivät saa vahingoittaa normaalin lämpenemisen, eristemateriaalin vanhenemisen ja normaalin käytön aiheuttaman värinän vaikutuksesta. Erityisesti on otettava huomioon materiaalien lämmönkestävyys, lämpölaajeneminen ja elektrolyyttisen korroosion vaikutukset, kun kyse on erilaisista metalleista, ja saavutettujen lämpötilojen vaikutukset kestävyys.
Virtaa johtavien osien liitokset on tehtävä siten, että varmistetaan riittävä ja pysyvä kosketuspaine.”

”Eristetyt yksilankaiset tai taipuisat johtimet:

- *Niiden pitää olla mitoitettu vähintään liitetyn piirin mitoituseristysjännitteen mukaan.*
- *Kahta kytkentätarviketta yhdistävissä johtimissa ei saa olla väliliitosta, joka on tehty esim. kierrätmällä tai juottamalla.*
- *Johtimia, joissa on vain peruseristys pitää estää joutumasta kosketuksiin eri potentiaalissa olevien jännitteisten osien kanssa.*
- *Johtimien koskettaminen teräviin reunoihin on estettävä.*
- *Kansien tai ovien laitteiden ja mittalaitteiden syöttöjohtimet on asennettava siten, etteivät johtimet vahingoitu mekaanisesti ko. kansia tai ovia liikuttaessa.*
- *Juotosliitokset ovat sallittuja keskuksessa ainoastaan niille tarkoitetuissa liittimissä ja käytettäessä määriteltyjä johtimia.*
- *Muille kuin edellä mainittujen kaltaisille laitteille juotettuja kaapelikenkiä tai juotettuja liitoksia ei hyväksytä, jos laitteisiin kohdistuu voimakasta värinää. Tiloissa, joissa esiintyy kovaa värinää*

normaalikäytön aikana, esim. kaivu- ja nostolaitteissa, laivakäytöissä, nostokoneissa ja vetureissa, on kiinnitettävä huomiota johtimen tuentaan.

- *Yleensä vain yksi johdin pitäisi liittää yhteen liittimeen. Kahden tai useamman johtimen liittämisen yhteen liittimeen on sallittua vain silloin kun liittimet on suunniteltu tähän tarkoitukseen.”*
(Suomen standardisoimisliitto, 2013, s. 86)

Tämän projektin keskuksen sisäisessä kaapeloinnissa käytetään 24 VDC:n ja 400 VAC:n jännitetasoja. Keskuksessa käytetään eniten taipuisia yksittäisiä johtimia, joiden ilmoitettu jännitekestävyys on 500 V, esimerkiksi Nexansin H05V2-K kytkentäjohtin. Johtimien korkean jännitekestoisuuden ansiosta, voidaan kaikki kaapeloinnit tehdä samalla kaapelityypillä. 24 VDC:n ohjauspiirin kaapelointi 500 V jännitekestoilla kaapeleilla suojaa piiriä mahdollisilta ulkopuolelta tulevilta korkeilta jännitepiikeiltä. CME:llä on vakiintunut malli kaapeloida 24 VDC:n ohjausvirtapiirit 0,5 mm² ja 230 VAC:n ohjausvirtapiirit 1,5 mm² johdinpoikkipinta-alalla. Suurempivirtaisissa piireissä johtimen poikkipinta-ala lasketaan tapauskohtaisesti. Johtimien lämpötilakestoisuus on 90 celsiusastetta, jolloin ne kestävät keskuksen sisäisen normaalin lämpenemisen vahingoittumatta. Korkeammissa lämpötiloissa johdinten kuormitettavuus pienenee, jolloin johtimen kuormitettavuus tulee kertoa ympäristön lämpötilaa vastaavalla korjauskertoimella. Johtimien tyypilliset kuormitukset löytyvät standardin SFS-EN 61439-1 liitteestä H. Johtimien mekaaninen suojaus toteutetaan suojakouruilla ja saranoiden yms. kohdalla johtospiiraalilla.

Logiikkaan kytkettävien kaapelien tyyppin määrittelee signaalin tyyppi. Tavalliset logiikan syöttöjohtimet ja digitaalisignaalia kuljettavat johtimet voivat olla normaaleja PVC-eristeisiä. Kuitenkin analogiasignaaleja kuljettavien johtimien tulisi olla parikierrettyjä. Johtimien parikiertäminen vähentää ympäristöstä tulevan magneettikentän aiheuttamaa häiriötä johtimen signaalissa. Logiikan analogisissa tulo- ja lähtökanavissa, jo pienikin häiriö voi muuttaa logiikan ohjaaman prosessin kulkua. Analoginen viesti voi olla milliampeeri- tai jänniteviesti. Jänniteviesti on herkempi ulkoapäin tuleville induoituville jännitteille, jolloin johtimien parikierron lisäksi tulisi käyttää metallivaippaa johtimien ympärillä. Metallisen suojavaipan tarkoituksena on estää vieressä olevien kaapeleiden ja virtapiirien jännitteen induoimista suojattuun kaapeliin. Milliampeeriviestit eivät ole puolestaan yhtä herkkiä induoituville jännitteille, jolloin metallivaippa voidaan jättää pois. Kaapelissa oleva metallivaippa tulee aina maadoittaa toisesta päästä. Kaapelin kytkemisessä tulisi välttää pitkiä johdinten vetoja ilman suojavaippaa, sillä suojaamattomat johdinten päät ovat alttiita häiriöille. Tässä projektissa analogisen jännitesignaalin kaapelointiin käytettiin parikierrettyä ja metallivaipalla suojattua LIYCY-kaapelia. Kaapelointina olisi voinut käyttää myös suojaamatonta LIYCY-kaapelia, mutta signaalin ”puhtauden” maksimoimiseksi päädyttiin suojattuun kaapeliin.

Keskuksesta lähtee kaapeloinnit toimilaitteille. Keskuksen ulkopuolella olevien toimilaitteiden kaapelointia kutsutaan kenttäkaapeloinniksi. Kenttäkaapeloinnin asennusta varten tehdään kaapelointikuvaa, jonka perusteella voidaan asentaa oikean mallinen kaapeli oikeiden laitteiden välille. Kaapelointikuvasta ilmenee myös kaapelin tunnus ja sen kytkentä. Kaapelointikuva on liitteenä 6.

Keskuksen taajuusmuuttajilta lähtee nostimen moottoreille moottorikaapelit. Koska moottoria syötetään taajuusmuuttajan kautta, eikä suoralla käytöllä, tulee kaapelissa olla EMC-suojaus. EMC-suojaus tarkoittaa sitä, että kaapeli ei ole altis sähkömagneettiselle häiriölle, eikä myöskään aiheuta sitä ympäristöön. Kaapelin EMC-suojauksen jatkuvuuden ylläpitämiseksi, kaapeli kytketään suoraan moottorilta taajuusmuuttajaan. Suoralla moottorin kytkemisellä taajuusmuuttajaan vältetään ylimääräisiä impedanssi muutoksilta, jotka saattaisivat aiheuttaa poikkeavia jännitepiikkejä kaapelissa. Peittausnostimessa moottorit ja kytkentäkotelot sijaitsevat liikkuvassa nostimessa, minkä takia peittausnostimen ulkopuolelta tulevia kaapeleita ei voida kiinnittää kiinteästi paikalleen. Kaapelit joutuvat liikkumaan nostimen mukana, minkä takia kaapeleiden tyyppiin tulee olla energiansiirtoketjukaapeleita eli ns. ketjukaapeleita tai robottikaapeleita. Ketjukaapelin mekaaninen kestävyys mahdollistaa kaapelin jatkuvan taivuttelun ilman että kaapelin sisäiset eristeet kärsii. Ketjukaapelit asennetaan energiansiirtoketjuun, eli eräänlaiseen suojakouruun, missä kaapelit pääsevät liikkumaan yhdessä nipussa. Nostimen moottorikaapeleina käytettiin EMC-suojattuja ketjukaapeleita malliltaan DS-Y CY 4x1,5 ja kytkentäkotelon ja keskuksen välillä LIYCY 18x0,5. Nostimessa olevat anturit kytkettiin kytkentäkoteloon PUR-vaippaisilla ohjauskaapeleilla.

(Hedtec, 2016)

4.5 Käyttöliittymä

Peittausnostimen ohjaus tapahtuu peittaushallin ulkopuolella sijaitsevasta ohjauspaneelistä. Peittausprosessin kulkua ohjataan ohjauspaneelin 7-tuumaisesta Omronin kosketusnäytöstä. Ohjauspaneelissa on kosketusnäytön lisäksi ohjausjännitteen kytkin, kuittauspainike, huoltoavain, hätäseis-painike ja merkkivalot. Kosketusnäytön näkymä on ohjelmoitu PCM:n toiveiden perusteella. PCM oli määritellyt toimintakuvauksessa näytön valikoiden ulkoasun ja toiminnan.

4.6 Komponenttivalinnat

Valmiin piirikaavion pohjalta tehdään valinnat komponenttien osalta. Asiakkaalla saattaa olla vaatimuksena, että käytetään tiettyä komponenttivalmistajaa, sillä asiakkaalla voi olla muutenkin kyseisen valmistajan tarvikkeita käytössä. Saman valmistajan komponenttien käyttäminen helpottaa laitteistojen huoltamista ja nopeuttaa käyttökäyttökunnan koulutusta uuteen laitteistoon.

Valitut komponentit koostetaan yhteen ja niistä tehdään osaluettelo. Osaluettelon avulla voidaan tilata keskuksen valmistukseen tarvittavat komponentit ja myöhemmin uusia mahdollisesti hajonnut osa uuteen samanlaiseen.

Osaluettelo on liitteenä 5.

SFS-EN 61439-1 määrää kytkinlaitteiden ja komponenttien valinnasta seuraavaa:

”Keskuksen sisältyvien kytkinlaitteiden ja komponenttien on oltava asianomaisten IEC -standardien mukaisia. Kytkinlaitteiden ja komponenttien on oltava käyttötarkoitukseen sopivia ottaen huomioon keskuksen ulkoinen rakenne, niiden mitoitusjännitteet, mitoitusvirrat, mitoitusajuuks, käyttöikä, kytkentä- ja katkaisukyky, oikosulunkestävyys jne.”

(Suomen standardisoimisliitto SFS, 2006, s. 82)

Käytettäessä Euroopan markkinoille suunnattuja tuotteita, täyttävät kaikki kytkinlaitteet ja komponentit IEC -standardin. Normaaleja 24 VDC:n ja 400 VAC:n jännitetasoja ja 50 Hz syöttötaajuutta käytettäessä, oli projektissa virta merkittävin tekijä komponenttivalinnoissa. Keskuksen syöttö mitoitettiin 25 ampeeriseksi, joka edellytti pääkytkimeltä vastaavaa minimikatkaisukykyä. Keskuksen pienen nimellisvirran takia, riitti katkaisijassa ja kontaktoreissa lähes aina pienitehoisimmat komponentit. Kontaktoreissa ja pääkytkimessä valittiin kuitenkin varmuuden vuoksi pykälän verran isommat komponentit, sillä isompaa mallia on paremmin saatavilla ja hintaero komponenttien välillä oli lähes mitätön.

Standardien lisäksi valmistajien ohjeet tulee myös huomioida komponenttivalinnoissa. Taajuusmuuttajien kohdalla SEW on esimerkiksi antanut ohjeistuksen Movitrac B- mallin kohdalla, että taajuusmuuttajien johdonsuojakatkaisijoiden virta-arvon tulee olla 10 % suurempi verrattuna taajuusmuuttajan ottamaan nimellisvirtaan. Johdonsuojakatkaisijan tyyppin tulee olla joko B tai C- tyyppin laukaisukäyrällä varustettu. Valmistajan vaatimukset on kerrottu taajuusmuuttajien mukana tulevassa käyttöohjeessa. Taajuusmuuttajan sulakekoon selvittyä voidaan mennä komponenttimitoituksessa eteenpäin ja valita sulakkeen nimellisvirtaa vastaava kontaktori. Movitracin tapauksessa kontaktorin tulee valmistajan ohjeistuksen mukaisesti olla malliltaan AC-3. Etusulakkeen koon, kontaktori tyyppin ja napojen lukumäärän ollessa selvillä, voidaan kontaktorien valintataulukosta valita käyttötarkoitukseen sopivin malli.

4.6.1 Ympäristön vaatimukset

Komponenttien valinnassa tulee huomioida ympäristön asettamat vaatimukset. Teollisuusympäristössä laitteistot saattavat joutua alttiiksi tärinälle, lialle, poikkeaville lämpötiloille ja mekaaniselle rasitukselle. Pelkästään tärinän takia pyritään kaikki mahdolliset liitokset tekemään jousivoimaisilla liittimillä, sillä ruuviliitos saattaa löystyä tärinän takia. Komponenttien oikean toiminnan varmistamiseksi ja eliniän maksimoimiseksi tulee muun muassa komponenttien materiaali ja suojaluokka valita ympäristöä silmällä pitäen. Tarvittaessa komponentteja tulee suojata tai sijoittaa ne hankalien ympäristöolosuhteiden ulkopuolelle.

Peittausnostin sijaitsee peittaushallissa, jossa on avonainen happoallas. Happoaltaan takia, lähellä olevat metallit alkavat ruostua, elleivät ne ole valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Happoaltaan takia peittaushallissa olevat kenttälaitteet (anturit, rajakytkimet, pulssianturit) eivät saaneet sisältää paljoa metallia. Kenttälaitteiden kytkennät tehtiin muovisessa riviliitinkotelossa, sillä happo ei vaikuta merkittävästi muoviin. Riviliitinkotelon sisällä kytkennät on tehty normaaleilla riviliittimillä, koska kotelon tiiviyden takia riviliittimet eivät ole koko aikaa alttiita happohöyryille. Muovinen riviliitinkotelo on todettu toimivaksi kytkentäkoteloiksi, sillä vastaavia koteloita on käytetty onnistuneesti jo aiemmassa peittausnostimessa. Kaapeleiden PVC-eristyksen takia happoallas ei asettanut lisävaatimuksia kaapeleiden suojaukselle.

4.6.2 Varaosien saatavuus ja komponenttien yhteensopivuus

Tulevaisuuden käyttökatkojen välttämiseksi, tulee varaosien saatavuus varmistaa. CMe käyttää enimmäkseen suurimpien sähkötarvikevalmistajien tuotteita, kuten ABB, Omron, Eaton, Phoenix Contact, joiden yleisimpiä tuotteita on CMe:llä hyllytavarana. Saman valmistajan osien käyttäminen mahdollistaa osien yhteensopivuuden. Valmistajat pyrkivät säilyttämään uusien ja vanhojen komponenttien yhteensopivuuden.

4.6.3 Laajennettavuus

PCM on jatkuvasti kehittyvä yritys, jonka laitekanta uusiutuu määrävälein. Jatkuvan kehittymisen myötä on hyvä suunnitteluvaiheessa varata keskukseseen laajennusvaraa. Laajennusvaran myötä on helppo lisätä samaan kaappiin vaikka taajuusmuuttajia, ilman että niille tarvitsisi hankkia uutta keskusta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jätetään tyhjää tilaa uusille komponenteille tai jätetään ylimääräisiä komponentteja jo valmiiksi. Ylimääräisiä komponentteja ovat esimerkiksi johdonsuoja-automaatit, joita jätetään muutama kappale, syöttö valmiiksi kytkettynä. Muiden komponenttien, kuten riviliittimien, kontaktorien, releiden, logiikan ja taajuusmuuttajien viereen jätetään tyhjää tilaa, niin että siihen voidaan myöhemmin tehdä lisäyksiä. Keskuksen kaapelikourut mitoitetaan sen verran reiluksi, että tulevaisuudessakin ne voidaan asentaa samoihin kouruihin. Keskuksen kaapeliläpivientejä tehdään muutama ylimääräinen, sillä käyttöpaikalla olevaan keskukseseen on hankala lisätä myöhemmin reikiä. Reikien poraamista tulisi välttää, koska lentelevät metallilastut saattavat joutua jonkin komponentin sisään ja aiheuttaa tuhoa.

4.7 Keskuksen suunnittelu

Layout-kuva on piirustus, josta nähdään keskuksen "naamakuva". Kuvasta nähdään keskuksen mitat, keskuskomponenttien fyysinen sijainti, kaapelikourut ja läpivientireiät. Keskuksen layoutia suunniteltaessa on kaikki keskukseseen tulevat komponentit listattuna osaluetteloon. Keskuskotelon tarkempi malli saattaa vaihtua, sillä vasta layoutin suunnittelussa huomataan, riittääkö kotelossa asennustila. Layoutin suunnittelussa ei puututa enää osien keskinäiseen kytkentään, vaan siinä pyritään asettelemaan komponentit mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti tilaa säästäten keskuksen sisälle. Keskuksen layout-kuva on liitteenä 4.

4.7.1 Keskuksen sijainti

Layoutin suunnitteluun vaikuttaa suuresti keskuksen sijainti. Jos sijoittamispaikka rajoittaa korkeutta, leveyttä tai syvyyttä, tulee keskuskotelo mitoittaa ympäristön mukaan. Keskuksen sijainti kaapelireitteihin nähdessä vaikuttaa keskuksen kaapelien läpivientipaikkoihin. Läpivientipaikkojen läheisyydessä tulisi olla riviliittimet, joihin tulevat ja lähtevät kaapelit voidaan kytkeä. Sijoittamalla riviliittimet lähelle läpivientejä vältetään kytkettävien kaapeleiden kuljettamista keskuksen sisällä.

4.7.2 Kaapelireitit

Keskuksen layoutin suunnittelussa johtoreittien oikea suunnittelu on yhtä tärkeää kuin komponenttien sijoittelu. Suunnittelussa tulee huomioida eri jännitetasoisten kaapelien rinnakkain kulkemisen estäminen. Eri jännitetasoista saattaa indusoitua häiriöitä toisiin virtapiireihin, jolloin esimerkiksi 24 VDC:n ja 230 VAC:n jännitteiset johtimet tulisi kuljettaa omissa johtokouruissaan.

4.7.3 Lämpö

Keskuksen sisällä olevat komponentit tuottavat aina jonkin verran lämpöä, komponenttien sisäisten resistanssien vuoksi. Lämpötilan nousu keskuksen sisällä heikentää komponenttien toimintaa ja lyhentää elinikää. Tämän takia keskuksen jäähdytys tulee turvata joko koneellisesti tai luonnollisesti. Standardi SFS-EN 61439-1 määrittelee keskuksen jäähdytyksestä seuraavaa:

”Keskus voi olla luonnollisesti ja/tai koneellisesti jäähdytetty (esim. koneellinen jäähdytys, sisäinen ilmastointi, lämmönvaihdin jne.). Jos erityisiä toimenpiteitä tarvitaan asennuspaikalla riittävän jäähdytyksen turvaamiseksi, valmistajan on annettava tarvittavat tiedot (esim. ohjeet etäisyyksistä osiin, jotka estävät lämmön siirtymisen tai itse lämmittävät ympäristöä)

(Suomen standardisoimisliitto, 2013, s. 88)

Keskuksien lämpeäminen tulee todentaa, jotta voidaan estää keskuksen liiallinen lämpeäminen. Keskuksen lämpenemisen tarkastamisesta määrää standardi SFS-EN 61439-1 seuraavaa:

”On todennettava, että kohdassa 9.2 määritellyt lämpenemisen raja-arvot keskuksen tai keskusjärjestelmän eri osilla eivät ylity.

Tarkastaminen tehdään yhdelle tai useammalle seuraavista menetelmistä

- a) testaamalla*
- b) johtamalla mitoitusarvoista samanlaisiin rakenteisiin tai*
- c) laskemalla yksiosastoille korkeintaan 630 A keskuksille kohdan 10.10.4.2 mukaan ja korkeintaan 1600 A keskuksille kohdan 10.10.4.3 mukaan.”*

(Suomen standardisoimisliitto, 2013)

Keskuksen eri osien lämpenemiselle on määritelty raja-arvot SFS-EN 61439-1 -standardin taulukossa 6. Taulukossa eri osien lämpeämistä verrataan ympäröivän ilman lämpötilaan, sen ollessa alle 35 °C. Vertaus 35 °C lämpötilaan tulee SFS-EN 61439-1 -standardista, jossa sanotaan, että ympäristön lämpötila ei ylitä +40 °C eikä sen 24 tunnin keskiarvo ylitä +35 °C. Sisä- ja ulkoasennusten maksimilämpötilat ovat samansuuruisia. Lämpenemisen aiheuttamia laitevaurioita voidaan vähentää laitteiden järkevällä sijoittelulla. Lämpöä paljon tuottavat laitteet (muuntajat, tasavirtalähteet, taajuusmuuttajat) tulisi sijoittaa keskuksen alaosaan. Lämmölle herkät laitteet (elektroniset laitteet muun muassa logiikat) tulisi sijoittaa taas kauas lämpöä tuottavista laitteista eli keskuksen keski- tai yläosaan. Jos lämpö nousee liian suureksi keskuksen yläosassa, tulee keskuksen suunnitella lämmönpoistomekanismeja (tuuletusaukko, puhallin, ilmastointi)

Tässä projektissa keskus sijaitsee peittaushallin ulkopuolella, jossa ei ole merkittävää määrää pölyä tai poikkeuksellisia lämpötiloja. Ohjauskeskuksen mitoitusvirta on alle 630 A, minkä takia sen lämpenemisen todentaminen voidaan tehdä laskemalla. Ohjauskeskuksen jäähdytys- ja lämmitystarve lasketaan Rittalin Therm ohjelmalla. Ohjelmaan syötetään keskuskotelon mitat ja rakenne, sisällä olevien laitteiden lämpöhäviöt, ulkolämpötila ja haluttu sisälämpötila. Ohjelma laskee äärilämpötilat ja ehdottaa mahdollisia lämmitys ja viilennys vaihtoehtoja. Ohjauskeskuksessa on vähän häviötehoa (vain kaksi taajuusmuuttajaa), minkä takia keskukseseen ei tarvittu erillistä jäähdytystä. Koska keskus sijaitessa lämpimissä tiloissa tehtaassa sisällä ei myöskään keskuksen lämmitykselle ole tarvetta. Keskuksen koko kuitenkin mahdollistaa koneellisen ilmanvaihdon ja siihen on varauduttu ylimääräisellä lähdöllä. Keskuksen rakenne on tiivis, minkä takia sen sisälle ei pääse haitallista määrää likaa tai pölyä. Kuitenkin jos myöhemmin päädyttäisiin lisäämään koneellinen ilmanvaihto, tulisi keskuksen oveen lisätä ilmanottoaukko suodattimella, jolloin pölyä ei imettäisi sisään.

4.8 Ohjelmointi

Ohjelmoitava logiikka tulee, nimensä mukaisesti, ohjelmoida ennen käyttöä. Tässä projektissa käytetään Omronin PLC:tä, joten ohjelmoinnissa tulee myös käyttää Omronin omaa ohjelmointiohjelmaa, CX-One:a. Ohjelmoinnilla asetetaan logiikan haluttu toiminto, kun siihen tulee eri tulospaaleja.

Ohjelmointi tehdään toimintakuvausta ja piirikaaviota hyväksi käyttäen. Ohjelmoinnissa tehdään logiikan konfigurointi, eli kerrotaan ohjelmalla mitä kaikkea logiikan yksiköitä se sisältää. Logiikan jokainen sisään- ja ulostulo määritellään ohjelmaan, sen perusteella mitä laitteita niihin on kytketty.

5 TARKASTUKSET

Pienjännitekeskusten tarkastuksista määrää standardi SFS-EN 61439-1 11.1 seuraavaa:

"Kappaletarkastuksen tarkoituksena on löytää viat materiaaleissa ja työssä sekä varmistaa valmistetun keskuksen kunnollinen toiminta. Tarkastus tehdään jokaiselle keskukselle. Keskuksen valmistaja päättää tehdäänkö kappaletarkastukset valmistuksen aikana ja/tai valmistuksen jälkeen. Soveltuvassa tapauksessa kappaletarkastukselle vahvistetaan että vaatimustenmukaisuuden todentaminen on tehty.

Kappaletarkastusta ei vaadita tehtäväksi keskukseseen sisältyville kojeille ja itsenäisille komponenteille, jos ne on valittu kohdan 8.5.3 mukaisesti ja asennettu laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti.

Tarkastus koostuu seuraavista luokista:

a) Rakenne

- 1) kotelon kotelointiluokka*
- 2) ilma- ja pintavälit*
- 3) suojaus sähköiskulta ja suojapiirien eheys*
- 4) sisäänrakennettujen komponenttien liittäminen*
- 5) sisäiset sähköpiirit ja liitokset*
- 6) ulkoisten johtimien liittimet*
- 7) mekaaninen toiminta*

b) Suorituskyky

- 1) sähköiset ominaisuudet*
- 2) johdotus, käyttöominaisuudet ja toiminta"*

(Suomen standardisoimisliitto, 2013, s. 140)

Uusien keskuksien tarkastusta varten CMe:llä on standardin pohjalta tehty tarkistuslista ja mittauspöytäkirja, joissa on kerrottu mitä tulee tarkistaa ja missä järjestyksessä. Tarkastukset tehdään aina CMe:n omissa toimitiloissa ennen asiakkaalle luovutusta.

Keskuksen rakenteen varmentamiseksi tehdään visuaalisia tarkistuksia, joissa katsotaan muun muassa komponenttien merkinnät, johdinten reitit ja tyypit, keskuksen siisteys, maadoitusten kiinnitys yms. Mekaanisissa testeissä kokeillaan komponenttien kiinnitykset ja tekninen toiminta. Mekaanisessa testissä kokeillaan myös liitinten kireys joko kaikista tai satunnaisotannalla, riippuen keskuksen koosta. Visuaalisten ja mekaanisten testien jälkeen keskukselle tehdään sähköiset testit.

Keskuksesta mitataan suojamaan jatkuvuus ja eristysvastus. Molemmissa testeissä keskus on jännitteenä. Suojamaan mittauksesta pienjännitekeskus standardi kertoo seuraavaa:

"On tarkastettava, että erilaiset keskuksen jännitteelle alttiit osat on yhdistetty tehokkaasti tulevan suojajohtimen liittimeen ja että piirin resistanssi ei ylitä 0,1 Ω .

Tarkastukseen on käytettävä resistanssin mittauslaitetta tai järjestelyä, joka pystyy syöttämään vähintään 10 A virran vaihto- tai tasasähköllä. Virta johdetaan kunkin jännitteelle alttiin osan ja ulkoisen suojajohtimen liittimenvälille. Resistanssi ei saa ylittää 0,1 Ω ."

(Suomen standardisoimisliitto, 2013, s. 106)

Keskuksen mittaamiseen käytetään Metrelin MI 3321 -mittaria, joka kykenee tekemään eristysvastusmittauksen 1000 V:iin asti ja syöttämään 10 A virran. Mittari myös kertoo automaattisesti, onko mittaustulos hyväksyttyjen arvojen sisällä.

Keskukselle tulee tehdä käyttötaajuinen kestojännitetestti. Standardi SFS-EN 61439-1 kertoo testistä seuraavaa:

"Käyttötaajuinen jännitteen testi kohtien 10.9.1 ja 10.9.2 mukaisesti pitää tehdä kaikille piireille, mutta kesto aika on 1 s.

Tätä testiä ei tarvitse tehdä apupiireille:

- *jotka on suojattu enintään 16 A oikosulkusuojalla*
- *jos sähköisen toiminnan testaus on tehty aikaisemmin mitoituskäyttöjännitteellä, joille apupiirit on suunniteltu.*

Vaihtoehtona käyttötaajuinen jännitteen testille keskuksat joiden syötön suojauksen arvo on enintään 250 A, todentaminen voidaan tehdä mittaamalla eristysresistanssimittarilla, jonka jännite on vähintään 500 V. d.c.

Tässä tapauksessa testi on tyydyttävä, jos eristysresistanssi piirien ja jännitteelle alttiiden osien välillä on vähintään 1 000 Ω/V piiriä kohti verrattuna näiden piirien syötön jännitteeseen maahaan."

Tässä työssä olevan ohjauskeskuksen syöttö on alle 250 A, jolloin käyttötaajuinen jännitteen testi voidaan vaihtoehtoisesti todentaa eristysresistanssimittarilla. Eristysvastusmittauksessa mitataan 500 V:n jännitteellä vaihejohtimien ja maadoituksen välistä eristävyttä. 500 voltin mittausjännitteellä eristävyden tulee olla yli 500 000 ohmia.

Mittausten jälkeen keskuksen toiminta tarkistetaan jännitteisenä. Keskukseseen kytketään väliaikainen syöttö ja kytkimet ja sulakkeet käännetään päälle. Sulakkeiden ja vikavirtasuojien pysyessä päällä, voidaan varmistua, että keskuksessa ei ole oiko- tai maasulkua. Lopuksi varmistetaan muuntajien (suojaerotusmuuntaja ja tasajännitelähde) toisiojännitteiden suuruus mittaamalla ja vertaamalla niitä suunniteltuihin ja muuntajille annettuihin jännitetasoihin.

6 TESTAUKSET

PCM rakentaa ja testaa laitteistonsa omalla osastollaan yrityksen tiloissa. Rakennus ja testaus käyttöpaikan ulkopuolella mahdollistavat vanhan laitteiston käyttämisen siihen asti, kunnes uusi laitteisto on täysin valmis. Peittausnostimen testausta varten tulee kaikki moottorit ja rajakytkimet kytkeä. Keskuksen ja nostimen välinen kaapelointi tehdään väliaikaiseksi, sillä keskuksen ja nostimen lopullisen sijoituspaikan välillä on seinä. Kun keskuksen ja nostimen lopullinen paikka on selvillä, voidaan kaapelointi tehdä valmiiksi määramittaan, jolloin niitä voidaan käyttää lopullisessa asennuksessa. Nostimessa olevat rajakytkimet kytketään omalle riviliitinkotelolleen. Riviliitinkotelo sijaitsee nostimen kyljessä kiinteästi, minkä takia anturien kytkennät voidaan tehdä lopullisesti valmiiksi testauspaikalla.

Ensimmäisen testauksen tarkoituksena on huomata mahdolliset virheet mekaniikkapuolella ja moottoripiireissä. Testauksessa logiikan ohjauspaneelia ei ole kytketty, minkä takia nostinta ajetaan pakotetusti ilman logiikkaohjausta. Ensimmäisessä testiajossa huomataan mahdolliset virheet kenttälaitteiden kytkennässä. Antureiden tilatiedot voidaan katsoa logiikan etupaneelin ledeistä.

Ensimmäisessä testiajossa myös mekaniikkasuunnittelija näkee, toimiiko laite halutulla tavalla. Testin perusteella saadaan tietoa antureiden toimivuudesta ja niiden kiinnityspaikkoihin voidaan tehdä muutoksia.

Kun nostimen mekaniikka on todettu toimivaksi ja nostin on valmis, voidaan se viedä lopulliselle paikalleen peittaushalliin. Nostimen ollessa paikallaan voidaan kaapeloinnit tehdä valmiiksi.

Peittaushallissa ohjauskeskuksen logiikka ohjelmoidaan ja nostinta voidaan operoida logiikan avulla. Logiikalla ajaessa testataan, toimiiko nostin siten, kuin sen oli määritelty toimivan. Tärkeimmät testaukset ovat hätäseistoiminnon ja oviturvapiirin oikea toiminta, nostimen pysähtyminen päätyrajojen kohdalla ja nostimen vaakatasoinen liikkuminen vain silloin kun nostin on ylä-asennossa. Näiden toimintojen toimiminen on välttämätöntä, jotta nostinta voidaan ajaa rikkomatta sitä. Tarkat pysähtymispaikat ja liikkeellelähtörampit joudutaan osittain säätämään itse paikalla.

7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa PCM Technology Oy:lle uuden peittausnostimen ohjausjärjestelmä avaimet käteen -periaatteella. Työssä suunniteltiin uutta ohjausjärjestelmää varten ohjauskeskus ja siihen liittyvä ohjauspaneeli. Suunnitelmien tuli sisältää kaikki tarpeellinen dokumentointi, jonka perusteella ohjauskeskus voitiin valmistaa, kytkeä ja käyttöönottaa. Ohjauskeskuksen tuli täyttää kansalliset vaatimukset ja standardit, erityisesti pienjännitekeskus standardi SFS-EN 61439 ja koneturvallisuuden koneiden sähkölaitteistoa koskeva standardi SFS-EN 60204.

Opinnäytetyössä perehdyttiin keskusvalmistuksen standardeihin ja siihen, kuinka ne ohjaavat uuden keskuksen suunnittelua. Työssä selvitettiin koneturvallisuusstandardien vaikutusta konetta ohjaavan keskuksen suunnittelussa. Työn tuloksena saatiin toimiva ja moderni peittausnostimen ohjausjärjestelmä, joka vastaa nykyisiin vaatimuksiin ja on muuntautumiskykyinen tulevaisuuden tarpeisiin.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- ABB. (10. 3 2016). *Tuotteet*. Noudettu osoitteesta <http://new.abb.com/fi>
- CMe Solutions Oy. (10. 3 2016). *Yritys*. Noudettu osoitteesta <http://www.cmesolutions.fi/>
- Esab. (10. 3 2016). *Peittausopas ruostumattomien terästen hitseille*. Noudettu osoitteesta http://www.esab.fi/fi/fi/support/documentation/educational/upload/peittausopas_2004.pdf
- Hedtec. (10. 3 2016). *Kaapeli tuoteluettelo*. Noudettu osoitteesta <http://www.hedtec.fi/>
- Keinänen, T.;Kärkkäinen, P.;Lähetkangas, M.;& Sumujärvi, M. (2007). *Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat*. Helsinki: WSOY.
- Omron. (10. 3 2016). *Ohjelmoitavat logiikat*. Noudettu osoitteesta <https://industrial.omron.fi/fi/home>
- SEW. (10. 3 2016). *SEW EURODRIVE*. Noudettu osoitteesta http://www.sew-eurodrive.com/en_us/index.html
- Suomen standardisoimisliitto. (2013). *SFS-EN 31439-1 Pienjätekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset*. Helsinki: SFS.
- Suomen standardisoimisliitto SFS. (2006). *SFS-EN 60204-1 Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: yleiset vaatimukset* . Helsinki: SFS.
- Tekpin Oy. (10. 3 2016). *Mitä on peittaus?* Noudettu osoitteesta <http://www.tekpin.fi/>
- Teräspinta. (10. 3 2016). *Tuotanto*. Noudettu osoitteesta <http://www.teraspinata.com/#!tuotanto/ctzx>
- Tukes. (11. 3 2016). *Kuluttajakäyttöiset koneet*. Noudettu osoitteesta http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Tavaroiden-turvallisuusvaatimuksia/Kuluttajakayttoiset_koneet/